

Mesures de résistivités électriques
sur des carottes de sédiments marins
et lacustres

par
Guy PAUTOT



BULLETIN^{DE} L'INSTITUT
Océanographique
FONDATION ALBERT I^{er}, PRINCE DE MONACO

Volume 67

1967

N° 1376

AVIS AUX AUTEURS

Les auteurs sont priés de se conformer aux indications suivantes :

1. — TEXTE : Les manuscrits *ne varietur* doivent être remis dactylographiés avec double interligne sur le recto seulement de feuilles numérotées. Les noms propres doivent être écrits en capitales ou soulignés d'un double trait ; les noms des espèces animales et végétales, ainsi que les noms de navires, destinés à paraître en italique, soulignés d'un seul trait.

Le titre doit être suivi du prénom usuel et du nom de l'auteur ainsi que de l'indication du laboratoire. Deux résumés, l'un en français, l'autre en anglais, doivent obligatoirement figurer à la fin du texte.

Les références bibliographiques seront groupées à la fin du manuscrit, après les résumés ; elles seront classées, soit alphabétiquement (de préférence), soit chronologiquement, soit dans l'ordre d'apparition dans le texte. Ces références comporteront : nom de l'auteur, initiales des prénoms, date, titre complet de l'article, titre du périodique (abrégé selon les règles internationales, cf. le *Répertoire mondial de périodiques concernant les sciences aquatiques et la pêche*, préparé par la F. A. O., Rome, 1962, et *World list of scientific periodicals*, 3rd ed.), volume, pagination complète.

2. — ILLUSTRATIONS : Les dessins doivent être exécutés à l'encre de Chine sur papier calque assez fort, sur bristol, sur carte-grattage ou sur papier millimétré bleu. Ils doivent être envoyés de préférence roulés ou à plat, mais jamais pliés.

Ces dessins devront être d'un tiers plus grands, environ, que le format de la page qui est 18×11 cm. Lettres et chiffres seront écrits soigneusement et suffisamment grands pour qu'ils demeurent facilement lisibles, une fois le dessin réduit.

Pour les cartes et plans, il convient de faire seulement une échelle linéaire — dont l'unité de mesure sera évidemment indiquée — et de ne pas mentionner le coefficient de l'échelle, celui-ci étant automatiquement modifié par la réduction du cliché.

Il est préférable que les hachures et les points (grisés) soient réalisés à l'imprimerie ; dans ce cas, il suffit d'indiquer au *crayon bleu léger* leur emplacement sur le dessin.

Le numéro d'ordre des figures sera indiqué au *crayon bleu* sur les dessins. Le texte des légendes sera placé à la fin du manuscrit et non sur les figures.

TOUS LES TRAVAUX DE CLICHAGE SONT A LA CHARGE DES AUTEURS.

3. — ÉPREUVES ET TIRÉS A PART : Un jeu d'épreuves est envoyé aux auteurs qui doivent le retourner sans délai après correction.

Les auteurs reçoivent gratuitement cinquante exemplaires de leur publication. Les tirés à part supplémentaires, facturés à un prix spécial, doivent être commandés dès réception de l'imprimé spécial.

PUBLIÉ AVEC LE CONCOURS FINANCIER
DU GOUVERNEMENT DE LA PRINCIPAUTÉ
Imprimerie Nationale de Monaco S.A.

Mesures de résistivités électriques sur des carottes de sédiments marins et lacustres

par

Guy PAUTOT

Station de Géodynamique sous-marine, Villefranche-sur-Mer

(Manuscrit reçu le 25 novembre 1965)

Afin de faciliter la tâche des organismes et des chercheurs qui utilisent le *Bulletin de l'Institut océanographique* pour leur documentation, et d'améliorer la qualité des index de ce Bulletin, chaque étude comportera désormais à cette place une liste de « descripteurs » choisis par ses auteurs.

Descripteurs retenus pour cette étude :

Carottage électrique – Diagrammes de résistivité – Quadripôle Wenner – Sédiments marins – Sédiments lacustres – Structure sédimentaire/résistivité – Relations électriques entre divers carottages.



Le carottage électrique, mis au point et utilisé par C. et M. SCHLUMBERGER depuis 1928, a donné d'excellents résultats dans les sondages pétroliers et cette technique s'est généralisée.

Dans le diagramme électrique de carottage, les résistivités apparaissent, en général, comme très différenciées. Si l'on ne peut déduire à coup sûr la nature exacte d'une roche d'après la valeur de la seule résistivité, on peut en revanche corrélérer divers sondages entre eux. En effet, les valeurs des résistivités caractérisant les diverses formations géologiques se retrouvent sans changement notable sur de grandes étendues.

Dans le domaine de la recherche géodynamique sous-marine, on peut songer à appliquer cette méthode électrique. Auparavant, il faut démontrer que les sédiments marins, gorgés d'eau salée, présentent des variations de résistivité suffisantes pour laisser espérer des corrélations entre horizons-repères.

De plus, la résistivité est une caractéristique physique importante liée étroitement à la texture du sédiment. Par exemple une couche de sable contenant de l'eau salée est un bon repère électrique alors qu'elle peut passer inaperçue parmi d'autres strates sableuses. De même, deux assises géologiques d'âge différent mais de même composition, alternance de sable et de marnes par exemple, peuvent être différenciées électriquement par la valeur moyenne de leur résistivité.

Les carottes utilisées pour ces mesures représentent une prise d'échantillon non perturbé grâce à l'adjonction d'un tube de polyéthylène à l'intérieur du carottier. En bouchant les deux extrémités du tube et en enduisant de paraffine les bouchons sitôt après la prise de la carotte, on peut espérer conserver une bonne configuration du sédiment.

Je propose une application particulière de la méthode des « trainés de résistivité » consistant à déplacer un quadripôle de longueur convenable le long d'une génératrice du cylindre de sédiment. Ainsi nous obtenons un diagramme de résistivité apparente de la carotte.

Quand les trainés de résistivité sont effectués sur la surface du sol, la résistivité apparente est définie par la formule :

$$\rho_a = \frac{2\pi}{3} \frac{\Delta V}{I} \overline{AB}$$

en employant un quadripôle du type WENNER.

Les unités utilisées sont :

différence de potentiel : le volt;

intensité : l'ampère;

longueur : le mètre;

résistivité : l'ohm-mètre.

Le quadripôle WENNER est un quadripôle symétrique $AMNB$ dont les 4 électrodes sont alignées, le milieu O de AB coïncidant avec celui de MN .

$$\overline{AM} = \overline{MN} = \overline{NB} = \overline{AB}/3.$$

Mais comme nous opérons sur un cylindre de sédiment et non dans le cas idéal de couches horizontales infinies, dans le cas particulier actuel nous posons :

$$\rho a = K \frac{\Delta V}{I},$$

le coefficient K étant alors une fonction de AB et de r : rayon du tube contenant le sédiment. Les variations de ce coefficient K en fonction du rapport a/r nous guident pour le choix de la longueur optimale à donner au quadripôle. Le coefficient K a été déterminé par la comparaison des mesures de résistivité effectuées d'une part dans un bac de sulfate de cuivre, d'autre part dans des tubes de polyéthylène contenant ce même sulfate de cuivre.

*
* *

Deux méthodes ont été successivement employées pour des mesures de résistivité.

D'abord la mesure simultanée de ΔV avec un potentiomètre type CAGNIARD et de l'intensité avec ampèremètre METRIX. Cette opération est longue et exige l'emploi du courant continu.

La mise en œuvre d'un « résistivimètre » type TELLOHM à courant alternatif est plus rapide. A la fréquence utilisée (110 Hz) et compte tenu des minimales dimensions du dispositif, l'emploi du courant alternatif est en réalité complètement équivalent à celui du courant continu.

Le TELLOHM employé indique par lecture directe la valeur du terme $\Delta V/I$ en ohms.

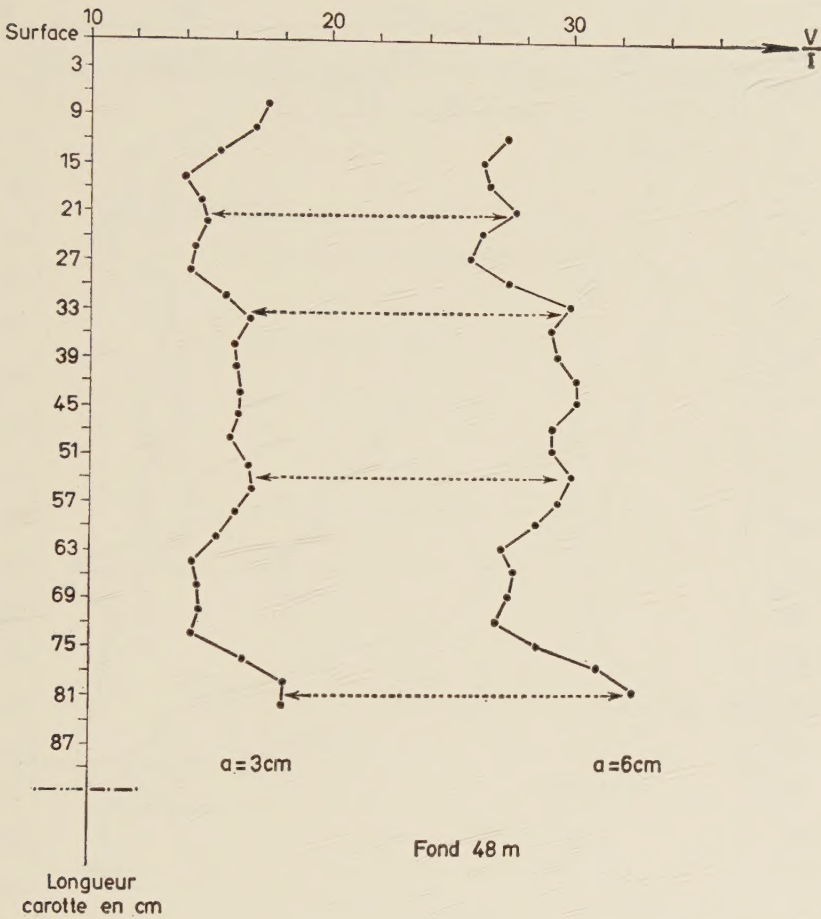
Une première expérience consistait en une série de mesures successives sur les mêmes carottes après diverses manipulations : stockage de plusieurs semaines, transport par bateau, voiture et chemin de fer, positions horizontale et oblique, etc. Nous n'avons pas relevé de variations très notables. Il est donc possible de stocker les carottes et de les transporter sans en altérer définitivement les caractéristiques électriques.

Quand on passe du quadripôle $a = 3$ cm au quadripôle $a = 6$ cm, les mesures de V/I ne changent pas sensiblement. Les pics de résistivité sont bien marqués sur les deux représentations (Fig. 1).

*
* *

Après l'enregistrement du diagramme électrique de la carotte, nous avons effectué des mesures de teneur en eau du sédiment par la méthode classique à l'étuve et de chlorinité par dosage. Chaque tranche de sédiment a été étudiée macroscopiquement et par granulométrie.

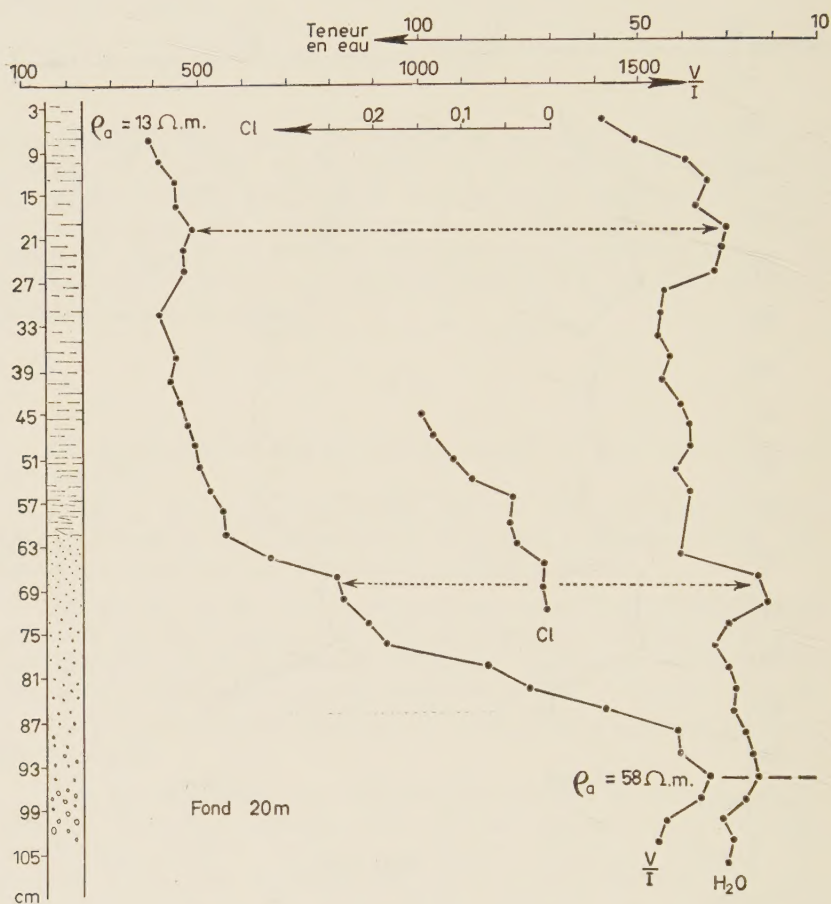
Fig.1. CAROTTE VILLEFRANCHE



Les résultats de ces études sont représentés par la figure 2. La carotte représentée sur cette figure a été prélevée dans le lac Léman par 20 mètres de fond et dans la zone du canyon du Rhône. L'aspect sédimentaire de cette carotte est simple. La couche superficielle est formée de vase qui devient sableuse en profondeur et à laquelle succède une couche de sable dont la granulométrie augmente au fur et à mesure que l'on se rapproche de la base.

Les valeurs extrêmes trouvées pour la résistivité sont de 13 Ω m et de 59 Ω m. Le diagramme de résistivité correspond point par point à celui de la teneur en eau. La courbe figurant la teneur en chlore présente

Fig. 2. CAROTTE LEMAN

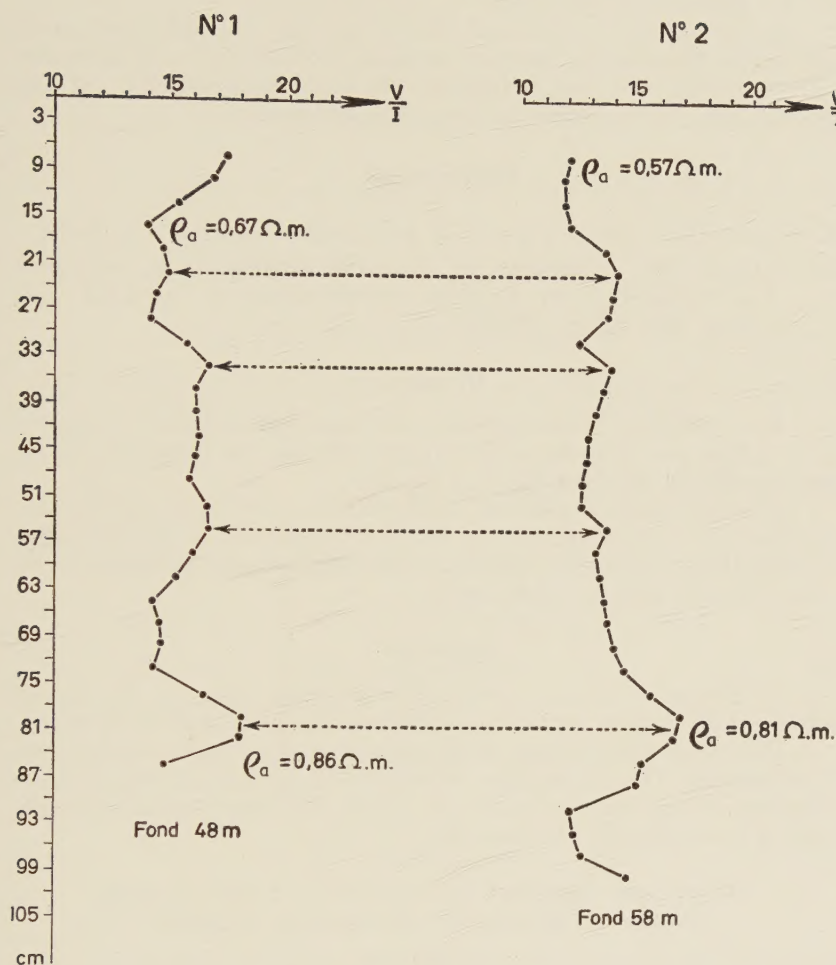


la même allure générale et il est certain qu'en plus de la porosité du sédiment interviennent les variations de salinité, surtout dans les carottes marines.

Un diagramme électrique permet donc des hypothèses sur la texture du sédiment et sur ses composantes chimiques.

* * *

La mesure des résistivités de carottes topographiquement voisines et de même nature semble intéressante. Les deux carottes, dont les diagrammes électriques sont représentés figure 3, ont été prélevées

Fig. 3. CAROTTES VILLEFRANCHE

dans la baie de Villefranche par des profondeurs de 48 m et de 58 m. Les deux points de prélèvement sont distants de 500 m. Ces deux carottes sont identiques morphologiquement. Elles sont formées de vase gris-bleu, oxydée par taches sur la périphérie. Elles ne présentent pas de différenciations sensibles au premier abord. Pourtant les diagrammes électriques présentent des pics d'amplitude modérée et, fait remarquable, ces points figuratifs se retrouvent sur les deux carottes. Une analyse plus poussée du sédiment fait apparaître que ces pics de résistivité correspondent à la présence d'une infime quantité de sablon dispersé

dans la vase par strates. Les divers composants de la vase, décelables aux rayons X ainsi que la structure de celle-ci, doivent également influencer sur les diagrammes électriques.

La mesure de la résistivité des carottes est une opération rapide qui donne directement une représentation de la structure du sédiment, qui détermine une caractéristique physique supplémentaire et qui permet enfin une comparaison entre horizons-repères.

Bibliographie

- CAGNIARD (L.), 1961. — *Cours de géophysique appliquée*. — Paris.
HESSE (A.), 1962. — Mesures de résistivités électriques sur une coupe stratigraphique du gisement préhistorique. *C. R. Acad. Sci., Paris*, **254**, 3, pp. 525-527.

Résumé

Une méthode d'investigation électrique généralement employée à la surface du sol et dans les forages pétroliers est appliquée ici sur des carottes de sédiment marin et lacustre.

L'auteur décrit la méthode et le matériel utilisé pour ces mesures. Le diagramme électrique obtenu définit les variations de structure dans le sédiment et il peut permettre une interpolation entre différents carotages effectués dans la même région.

Summary

A method of electric prospection generally used on the ground and in oil-drilling was applied on sediment-cores for sea and lake bottoms.

The author describes here the equipment and the method used for these measurements. The graph obtained follows the variations of the sediment structure along the core and can enable the interpolation between several cores taken in the same area.

Измерение удельных электрических сопротивлений
на пробах морских и лакустровых отслоений

Ги ПОТО

Краткое содержание

Способ электрического исследования, обычно применяемого на земной поверхности и при нефтяных берениях, был на этот раз применен для подучения проб морских и лакустровых отслоений.

Автор описывает способ и технический материал, примененный для этих измерений. Полученная электрическая диаграмма показывает изменения в структуре отслоения и может позволить интерполяцию между различными кароттажами, сделанными в одном и том же районе.

PUBLICATIONS DU MUSÉE OCÉANOGRAPHIQUE DE MONACO

BULLETIN DE L'INSTITUT OCÉANOGRAPHIQUE

Abonnement (1 volume*de 400 à 450 pages), frais de port compris :

France et étranger 75,00 F

Table et tarif des numéros disponibles adressés sur demande.

* Depuis le 1^{er} janvier 1963, les volumes ne correspondent plus à une année.

COMMUNICATIONS DU 1^{er} CONGRÈS INTERNATIONAL D'AQUARIOLOGIE

(*Bulletin de l'Institut océanographique*, Numéro spécial 1)

volume A. — Vertébrés et Invertébrés en aquarium..	37,50 »
volume B. — Equipement technique	37,50 »
volume C. — Construction	37,50 »
volume D. — Biologie en aquarium	37,50 »
les quatre volumes	125,00 »

*
* *

Toutes les demandes de renseignements ainsi que la correspondance concernant les publications du Musée océanographique de Monaco doivent être envoyées à l'adresse suivante :

MUSÉE OCÉANOGRAPHIQUE (service des publications)
MONACO-VILLE (Principauté de Monaco)

*
* *

N.B.: Les *Annales de l'Institut océanographique* sont éditées par l'Institut océanographique (195, rue Saint-Jacques, 75 Paris, 5^e) et diffusées par la librairie Masson et Cie (120, boulevard Saint-Germain, 75 Paris, 6^e).

PUBLICATIONS DU MUSÉE OCÉANOGRAPHIQUE DE MONACO

RÉSULTATS DES CAMPAGNES SCIENTIFIQUES accomplies sur
son yacht par ALBERT I^{er}, Prince Souverain de Monaco,
fascicule I (1889) — fascicule CX (1950),
la collection complète 4 000,00 F
table et tarif envoyés sur demande.

ALBERT I^{er} DE MONACO ET LA MER
documents des archives du Musée océanographique
présentés par Sergé Bertino; illustrations de J.-C. Roux.
— 1960 30,00 »

CARTE TOPOGRAPHIQUE DE LA MÉDITERRANÉE

1. Précontinent entre Antibes et Gênes (1/200 000).. 6,00 »
2. Précontinent entre Marseille et Antibes (1/200 000) 6,00 »
3. Bassin occidental de la Méditerranée (1/1 000 000) 12,00 »
4. Précontinent sous-marin corse de Porto aux
bouches de Bonifacio (1/200 000) 6,00 »
5. Mer Égée (1/768 450) 12,00 »
6. Tobrouk - El Alamein - Alexandrie - Crète
(1/817 630) 6,00 »
7. Antalya - Chypre - Delta du Nil (1/812 390)..... 12,00 »
8. Mer Ionienne (1/759 450) 6,00 »
9. Libye - Ras Zarrugh - Tobrouk (1/768 450))..... 6,00 »
10. Précontinent sous-marin corse du nord de Porto
au cap Corse (1/200 000) 6,00 »
11. Détroit de Gibraltar (1/100 000) 6,00 »
12. Méditerranée occidentale [6° 40' W — 1° E]
(1/778 790) 6,00 »

*Commentaires de la Carte topographique de la Médi-
terranée publiés dans le Bulletin de l'Institut
océanographique.*

n° 1163. — Carte topographique du fond de la Méditer-
ranée occidentale, par J. BOURCART 1,90 »

n° 1192. — Erläuterungen zu den bathymetrischen
Karten des östlichen Mittelmeres, von
M. PFANNENSTIEL 12,00 »

n° 1218. — Erläuterungen zur bathymetrischen Karte
der Strasse von Gibraltar, von G. GIERMANN 9,00 »

n° 1254. — Erläuterungen zur bathymetrischen Karte
des westlichen Mittelmeeres (zwischen
6°40' w.L. u. 1°ö.L.), von G. GIERMANN 10,00 »